

U. Löschner, H. Exner

Laserstrahlumformen von Silizium

Silizium ist der wichtigste Werkstoff in der Mikrosystemtechnik. Die Herstellung von Strukturen in Silizium erfolgt meist durch nasschemische Ätzprozesse. Solche Strukturen liegen ausschließlich innerhalb der Waferenebene. Durch Laserstrahlumformen ist auch die Realisierung von Bauelementen möglich, deren Formen aus der Waferenebene herausragen. Der Laserstrahl als Werkzeug arbeitet berührungslos und kraftfrei auch durch Glas hindurch und ist beliebig positionierbar. Die Umformung erfolgt ohne äußere Kräfte. Die lokale Wirkung der Laserstrahlung erlaubt den Einsatz an bereits fertigen oder z.B. glasverkappten Mikrosystemen.

Für die Untersuchungen kam ein Nd:YAG-Laser zum Einsatz. Der Laserstrahl wurde über einen Scanner zur Bearbeitungsstelle geführt (s. Abb.1). Eine seitlich zur Biegeprobe montierte CCD-Kamera zeichnet den aktuellen Biegewinkel auf.

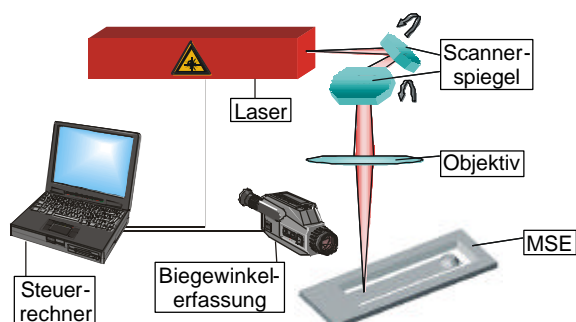


Abb.1: Experimenteller Aufbau

Die Untersuchungen wurden an nasschemisch geätzten Mikrostrukturelementen (MSE), bestehend aus Rahmen und Biegefeder, durchgeführt. Die für die Umformung erforderliche Laserleistung ist sehr eng zu tolerieren und liegt je nach Dicke der Biegefeder bei einigen Watt. Die Größe der Biegewinkel kann sehr gut durch das verwendete Bestrahlungsregime gesteuert werden. Beispielsweise erlaubt die Variation der Bearbeitungsgeschwindigkeit eine äquivalente Änderung des Biegewinkels. So können Biegewinkel in einem Bereich von weniger als einem Grad z.B. für Justagezwecke bis hin zu 90 Grad realisiert werden.

Für präzise Biegungen wurde der Aufbau einer Regelschleife notwendig. Ansonsten lassen sich die Biegewinkel an gleichen Biegern nur mit einer Reproduzierbarkeit von $\pm 3^\circ$ herstellen. Die Schwankungen entstehen einerseits durch die Dickentoleranz der Biegefeder von bis zu $\pm 2\%$ und andererseits durch Laserleistungsschwankungen von bis zu $\pm 2,5\%$. Durch den Aufbau einer Regelung mit der Zielgröße Biegewinkel ist es gelungen, die Reproduzierbarkeit auf $\pm 0,3^\circ$ zu erhöhen, unabhängig von den auftretenden Toleranzen im Umformprozess.

Die Abb.2a-d) vorgestellten Biegebeispiele sollen die breiten Anwendungsmöglichkeiten dieses Verfahrens verdeutlichen. Die in Abb.2a) vorgestellte Mehrfachbiegung besteht aus Einzelbiegungen an Ober- und Unterseite. Eine so herstellbare Treppenstruktur kann man beispielsweise durch mehrere Waferenebenen hindurchführen und damit mechanische oder elektrische Funktionen außerhalb der Waferenebene realisieren. Zur Herstellung eines elektrostatischen Wanderkeilantriebes ist eine spezielle Elektrode mit kontinuierlicher Krümmung erforderlich. Eine solche Krümmung (Abb.2b) wurde mit einem modifizierten Bearbeitungsregime erzeugt. Selbst mechanische wieder lösbare Verbindungen zwischen Bauteilen können mit lasergebogenen Elementen hergestellt werden. Beispielsweise Clip-Chip-Verbindungen gestatten das Fassen oder Einrasten von Chips in Haltern, wie in Abb.2c)+d) gezeigt. Beide Umformungen am Krallenarm sind

mit dem Laser erzeugt. Auch Führungen für mikrooptische Bänke sind möglich, indem ein beweglicher Schlitten auf eine durch z.B. nasschemische Ätzprozesse sehr exakt herstellbare Führung aufgerastet wird.

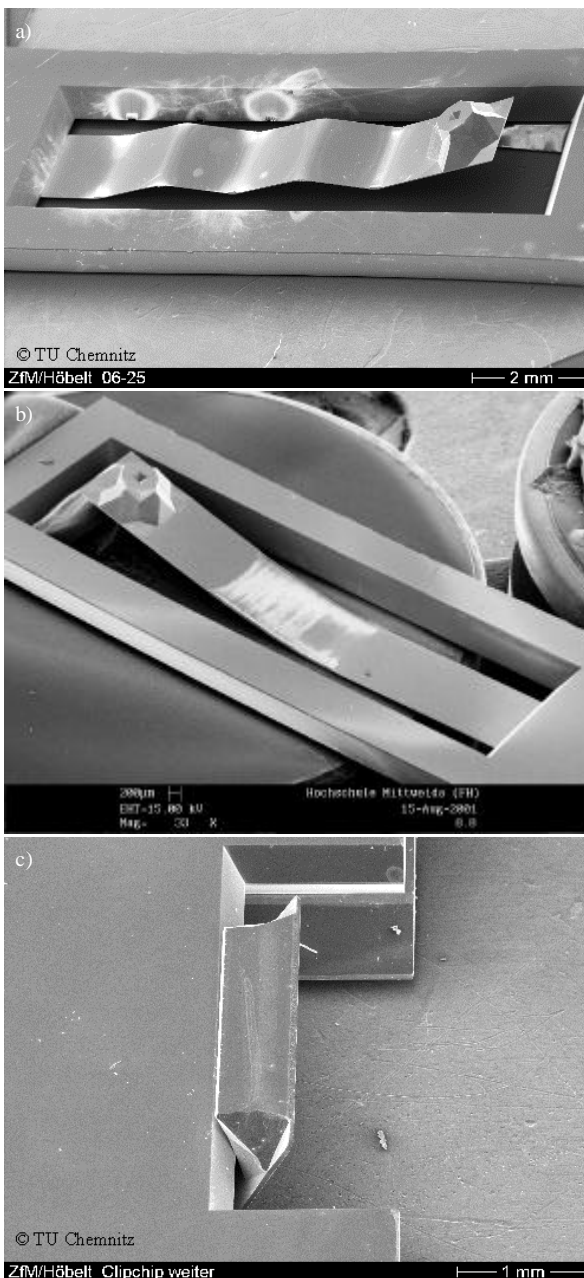


Abb2. a) Mehrfachbiegung, b) Elektrode für einen Wanderkeilantrieb, c) Clip-Chip-Verbindung: lasergebogene Krallen, d) Clip-Chip-Verbindung: eingerasteter Clip

Danksagung:

Die Untersuchungen wurden aus Mitteln der DFG gefördert. Dank gilt unserem Projektpartner Herrn Prof. Dr. Frühauf an der TU Chemnitz, Institut für Mikrosystem- und Halbleitertechnik, auf dessen Anregung das Projekt durchgeführt wurde.

Kontakt: Dipl.-Ing. U. Löschner
Tel.: 03727 581394 / Fax: 03727 581496
e-mail: loeschne@htwm.de

Vorstand:

Prof. Dr. Horst Exner / Direktor ☎ 03727 581413
Prof. Dr. habil. Günter Reißer ☎ 03727 581322
Prof. Dr. Bernhard Steiger ☎ 03727 581045

Anschrift:

Laserinstitut Mittelsachsen e.V. an der Hochschule Mittweida (FH)
Technikumplatz 17, 09648 Mittweida